

**DE4236218**

**Vulcanised compsns. used for vehicle tyres, windscreen wipers,  
vibration dampeners, etc.**

Publication date: 1993-06-24

Inventor: WOLFF SIEGFRIED DR (DE); PANENKA RAINER DR (DE); HADDEMAN MARINUS (DE);  
NAKAHAMA HIDENARI (JP)

Applicant: DEGUSSA (DE); MITSUI PETROCHEMICAL IND (JP)

Classification:

– international: **C08J3/20; C08J3/24; C08K3/04; C08K3/34; C08K3/36; C08K5/5419; C08K5/548; C08K9/06;  
C08L23/00; C08L23/16; C08J3/20; C08J3/24; C08K3/00; C08K5/00; C08K9/00; C08L23/00;** (IPC1–7):  
C08K3/34; C08K5/54; C08K9/06; C08L23/16

– european:

Application number: DE19924236218 19921027

Priority number(s): DE19924236218 19921027; DE19914141975 19911219

Abstract of **DE4236218**

Compsns. (I) comprise (A) ethylene–propylene– nonconjugated diene rubber (EPDM); (B) conventional crosslinking system; (C) at least one alkoxy silane cpd. of formulae (1) or (2); (D) silica and/or silicate with specific surface (BET adsorption, ISO 5794/1, annexe D) 5–100 sq.m/g. In the formulae, R is 1–4C alkyl or alkoxy; R1 is 1–4C alkyl or Ph; R2 is 1–6C divalent straight or branched chain hydrocarbon gp.; R3 is 6–12C arylene; R4 is 2–20C monovalent straight or branched chain unsatd. hydrocarbon gp.; m, p are 0 or 1 but are not both 0; n is 0–2; q is 1 or 2; B is –SCN or –SH when q is 1 and –Sx– (where x is 2–8) when q is 2. A claimed process comprises vulcanising (I) by heating at 100–270 deg.C for 1–150 mins., according to temp..



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND  
  
DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 42 36 218 A 1**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 08 L 23/16**  
C 08 K 5/54  
C 08 K 3/34  
C 08 K 9/06  
// C08K 3/36, C08J  
3/24, B60C 1/00, B62D  
29/00, F16F 1/36,  
B60S 1/38

(30) Innere Priorität: (32) (33) (31)

19.12.91 DE 41 41 975.8

(71) Anmelder:

Degussa AG, 6000 Frankfurt, DE; Mitsui  
Petrochemical Industries, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Biedersee, von, H., Dipl.-Chem.Dr.rer.nat., Pat.-Ass.,  
8755 Alzenau-Hörstein

(72) Erfinder:

Wolff, Siegfried, Dr., 5303 Bornheim, DE; Panenka,  
Rainer, Dr., 5040 Brühl, DE; Haddeman, Marinus,  
5060 Bergisch Gladbach, DE; Nakahama, Hidenari,  
Ichihara, Chiba, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Vulkanisierbare EPDM-Kautschukmischungen

(57) Die Kautschukmischungen gemäß dieser Erfindung enthalten einen nichtkonjugierten Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk oder einen Verschnitt eines nichtkonjugierten Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuks mit einem Dienkautschuk, eine spezifische Alkoxy silanverbindung und eine amorphe Kiesel säure mit einer spezifischen Oberfläche zwischen 5 und 100 m<sup>2</sup>/g (BET-Adsorption). Die erfindungsgemäßen Vulkanisate werden durch Vulkanisation dieser Kautschukmischungen hergestellt.

Die Kautschukmischungen gemäß dieser Erfindung verfügen über ausgezeichnete dynamische Eigenschaften und ebensoleiche mechanischen Eigenschaften, dynamische Ermüdbeständigkeit und Hitzealterungsbeständigkeit. Sie erlauben ferner die Herstellung von Vulkanisaten mit ebensolchen Eigenschaften.

**DE 42 36 218 A 1**

**DE 42 36 218 A 1**

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft vulkanisierbare Kautschukmischungen, die ein EPDM-Copolymer enthalten und sich durch ausgezeichnete Hitze- und Ermüdungsbeständigkeit, ausgezeichnete dynamische Eigenschaften und niedrige  $\tan \delta$ -Werte auszeichnen und sich für Anwendungen wie Autoreifen und Schwingungsdämpfer eignen sowie Vulkanisate, die durch Vulkanisieren der obengenannten Kautschukmischungen hergestellt wurden.

5 Dienkautschuke wie z. B. Naturkautschuk (NR), Styrolbutadienkautschuk (SBR) und Butadienkautschuk (BR) sind dafür bekannt, daß sie über ausgezeichnete dynamische Eigenschaften und Ermüdungsbeständigkeit verfügen und als Rohstoffe in Autoreifen und Schwingungsdämpfer eingesetzt werden. In der jüngsten Vergangenheit 10 haben sich die Anwendungsbedingungen für diese Gummiartikel in solchem Maß geändert, daß Verbesserungen der Hitze- und Witterungsbeständigkeit dieser Gummiartikel erforderlich wurden.

15 In Autoreifen erfordern die Reifenlauffläche und die Seitenwand besondere Witterungsbeständigkeit. Bislang verfügte man jedoch über keinen Kautschuk, der die ausgezeichnete Ermüdungsbeständigkeit und die dynamischen Eigenschaften des bekannten Dienkautschuks aufweist und gleichzeitig witterungsbeständig ist.

20 Daher wurden verschiedene Kautschukverschnitte von Dienkautschuk, der über eine ausgezeichnete dynamische Ermüdungsbeständigkeit und ausgezeichnete dynamische Eigenschaften verfügt, mit EPT (EPDM), der eine ausgezeichnete Hitze- und Witterungsbeständigkeit besitzt, untersucht. Da sich jedoch das Niveau der dynamischen Eigenschaften von EPT von dem des Dienkautschuks unterscheidet, konnte bislang kein Kautschukverschnitt mit gleichbleibenden Eigenschaften hergestellt werden.

25 Die dynamischen Eigenschaften eines Autoreifens werden danach beurteilt, ob das Material den Benzinverbrauch erhöht, wobei der  $\tan \delta$ -Wert (Verlustfaktor) als Index dient. Je niedriger der  $\tan \delta$ -Wert ist, desto besser sind die dynamischen Eigenschaften.

30 Andererseits sind die existierenden schwingungsdämpfenden Kautschukprodukte auf Naturkautschukbasis, einem Dienkautschuk, in Schwingungsdämpfern für den Automobilbereich nicht in der Lage, unter den Bedingungen hoher Temperaturen im Motorraum eine Ermüdungsbeständigkeit zu gewährleisten.

35 Daher besteht eine große Nachfrage nach einem neuen Kautschukmaterial, das sowohl über ausgezeichnete Hitzebeständigkeit als auch ausgezeichnete dynamische Eigenschaften und Ermüdungsbeständigkeit verfügt, welche denen des Dienkautschuks gleichwertig oder überlegen sind.

30 Um die Ermüdungsbeständigkeit zu verbessern, muß das Material für gewöhnlich in der Lage sein, mittels eines bestimmten Mechanismus einer aufgebrachten Kraft nachzugeben. Zu diesem Zweck ist es notwendig, eher von Vernetzung in Form polysulfidischer als monosulfidischer Bindungen auszugehen. Eine entsprechende Vernetzungsdichte muß ebenfalls gewährleistet sein.

35 Andererseits muß zur Verbesserung der dynamischen Eigenschaften die Vernetzungsdichte erhöht werden.

40 Beim herkömmlichen Stand der Technik führte der Versuch, die dynamischen Eigenschaften von EPT mit jenen von Dienkautschuk, z. B. NR, in Einklang zu bringen, zu überhöhter Vernetzungsdichte mit entsprechender Verschlechterung der Ermüdungsbeständigkeit. Es war somit nicht möglich, die dynamischen Eigenschaften mit einer Ermüdungsbeständigkeit in Einklang zu bringen.

45 Die dynamischen Eigenschaften von Schwingungsdämpfern werden danach beurteilt, ob diese eine niedrige dynamische Verstärkung der Schwingungen aufweisen. Da die dynamische Verstärkung dem  $\tan \delta$ -Wert in etwa proportional ist, kann  $\tan \delta$  als ihr Index herangezogen werden.

50 Wir, die Erfinder, haben die obengenannten Probleme untersucht und festgestellt, daß sowohl die dynamischen Eigenschaften als auch die Ermüdungsbeständigkeit, die in umgekehrtem Verhältnis zueinander stehen, verbessert werden können, wenn man einen nichtkonjugierten Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk mit seiner ausgezeichneten Hitzebeständigkeit, eine spezifische Alkoxy silanverbindung und eine spezifische amorphe Kieselsäure einsetzt, wobei die Alkoxy silanverbindung die Wechselwirkung zwischen der amorphen Kieselsäure und dem Polymer fördert und den Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk verbessert.

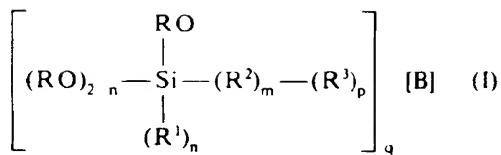
## Gegenstand der Erfindung

55 Ein Gegenstand dieser Erfindung ist es, die obengenannten, mit der herkömmlichen Technologie verbundenen Probleme zu lösen und Kautschukmischungen herzustellen, deren Ermüdungsbeständigkeit und dynamische Eigenschaften denen des Dienkautschuk, wie z. B. Naturkautschuk, gleichwertig sind und die darüber hinaus ausgezeichnete Hitze- und Witterungsbeständigkeit besitzen.

60 Ein weiterer Gegenstand dieser Erfindung ist die Herstellung von Vulkanisaten aus obengenannten Kautschukmischungen.

## Zusammenfassung der Erfindung

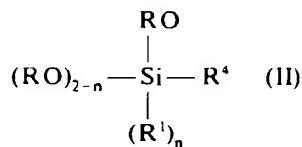
65 Die vulkanisierbaren Kautschukmischungen gemäß dieser Erfindung sind dadurch gekennzeichnet, daß sie einen nichtkonjugierten Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) enthalten, ein übliches Vernetzungssystem und wenigstens eine der Alkoxy silanverbindungen entsprechend der folgenden allgemeinen Formeln (I) oder (II) sowie Kieselsäure und/oder ein Silikat mit einer spezifischen Oberfläche von 5 bis 100 m<sup>2</sup>/g (BET-Adsorption: ISO 5794/1, Annex D):



5

worin bedeuten R eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Alkoxygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen,  $\text{R}^1$  eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Phenylgruppe, n 0, 1 oder 2,  $\text{R}^2$  einen zweiwertigen geraden oder verzweigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen,  $\text{R}^3$  eine Arylengruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen, m und p 0 oder 1 mit der Maßgabe, daß p und m nicht gleichzeitig 0 bedeuten, q 1 oder 2, B  $-\text{SCN}$  oder  $-\text{SH}$ , wenn q = 1, und  $-\text{S}_x-$  (wobei x eine ganze Zahl zwischen 2 und 8 ist), wenn q = 2.

10



15

worin bedeuten R eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Alkoxygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen,  $\text{R}^1$  eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Phenylgruppe, n 0, 1 oder 2 und  $\text{R}^4$  einen einwertigen geraden oder verzweigten, ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 2 bis 20 Kohlenstoffatomen.

20

In den Kautschukmischungen entsprechend dieser Erfindung wird vorzugsweise ein Ethylen-Propylen-5-Ethylen-2-Norbornen-Copolymer mit einer Mooney-Viskosität ( $\text{MS}_{1+4}$ , 160°C) zwischen 40 und 80 als der obengenannte nichtkonjugierte Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk eingesetzt.

25

Die Vulkanisate gemäß dieser Erfindung sind dadurch gekennzeichnet, daß sie durch Vulkanisation der Kautschukmischungen entsprechend dieser Erfindung hergestellt werden. Die erfindungsgemäßen Kautschukmischungen und die aus diesen Mischungen hergestellten Vulkanisate besitzen dem Dienkautschuk, wie z. B. NR, gleichwertige Ermüdungsbeständigkeit und dynamische Eigenschaften sowie eine ausgezeichnete Hitze- und Witterungsbeständigkeit.

30

#### Spezifische Erläuterungen/Konkrete Beschreibung der Erfindung

35

Die erfindungsgemäßen Kautschukmischungen und die aus diesen Mischungen hergestellten Vulkanisate werden im folgenden veranschaulicht. Als erstes werden die erfindungsgemäßen Kautschukmischungen beschrieben.

40

Die Kautschukmischungen gemäß dieser Erfindung enthalten einen nichtkonjugierten Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk, eine spezifische Alkoxyilanverbindung und eine spezifische amorphe Kiesel säure und/oder ein Silikat.

#### Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk

45

Der in dieser Erfindung verwendete Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk enthält für gewöhnlich 50 bis 83 mol%, vorzugsweise 50 bis 73 mol% Ethylen und für gewöhnlich 50 bis 17 mol%, vorzugsweise 50 bis 27 mol% Propylen.

50

Zu den obengenannten nichtkonjugierten Dienen zählen beispielsweise kettenförmige nichtkonjugierte Diene wie 1,4-Hexadien, 1,6-Octadien, 2-Methyl-1,5-Hexadien, 6-Methyl-1,5-Heptadien und 7-Methyl-1,6-Octadien; cyclische nichtkonjugierte Diene wie Cyclohexadien, Dicyclopentadien, Methyltetrahydroinden, 5-Vinylnorbornen, 5-Ethylen-2-Norbornen, 5-Methylen-2-Norbornen, 5-Isopropyliden-2-Norbornen und 6-Chlormethyl-5-Isopropenyl-2-Norbornen; und Triene wie z. B. 2,3-Diisopropyliden-5-Norbornen, 2-Ethylen-3-Isopropyliden-5-Norbornen, 2-Propenyl-2,2-Norbornadien, 1,3,7-Octatrien und 1,4,9-Decatrien. Von diesen werden vorzugsweise 1,4-Hexadien und cyclische nichtkonjugierte Diene, insbesondere 5-Ethylen-2-Norbornen eingesetzt. Wird 5-Ethylen-2-Norbornen als nichtkonjugiertes Dien gemäß dieser Erfindung eingesetzt, so kann man Kautschukmischungen und Vulkanisate mit überragender Ermüdungsbeständigkeit erhalten. Der erfindungsgemäße nichtkonjugierte Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk hat für gewöhnlich eine Jodzahl, die einen Index für den Gehalt an nichtkonjugiertem Dien darstellt, zwischen 8 und 30, vorzugsweise zwischen 8 und 25.

55

Der erfindungsgemäße nichtkonjugierte Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk hat für gewöhnlich eine Mooney-Viskosität,  $\text{MS}_{1+4}$ , 160°C, zwischen 40 und 80, vorzugsweise zwischen 50 und 80. Wird ein nichtkonjugierter Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk mit einer Mooney-Viskosität von  $\text{MS}_{1+4}$ , 160°C, der in den obenbeschriebenen Bereich fällt, gemäß dieser Erfindung verwendet, so können Kautschukmischungen und Vulkanisate hergestellt werden, deren Ermüdungsbeständigkeit der von Dienkautschuk, wie z. B. Naturkautschuk, gleichwertig oder überlegen ist.

60

Ein nicht-konjugierter Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk mit einer Mooney-Viskosität,  $\text{MS}_{1+4}$ , 100°C, zwischen 60 und 200 kann ebenfalls in den erfindungsgemäßen Mischungen verwendet werden.

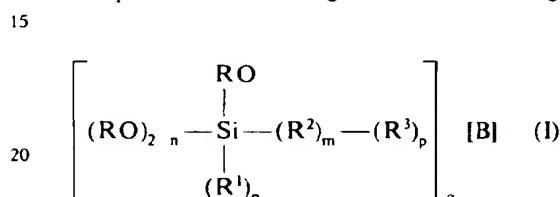
65

Obgleich der obengenannte Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk als einziger Kautschukbestandteil eingesetzt werden kann, kann auch ein Verschnitt des obengenannten Copolymers mit einem Dienkautschuk verwendet werden.

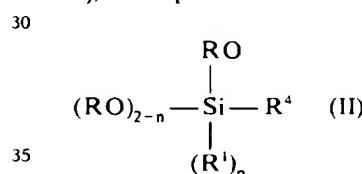
Zu den obengenannten Dienkautschuken gehören u. a. Naturkautschuk (NR), Isopropylenkautschuk (IR), 5 Butadienkautschuk (BR), Styrolbutadienkautschuk (SBR), Acrylnitril-Butadienkautschuk (NBR) und Chloroprenkautschuk (CR). Von diesen werden Naturkautschuk und Isoprenkautschuk bevorzugt. Die obengenannten Dienkautschuke werden entweder allein oder in Kombination eingesetzt. Der in dieser Erfindung verwendete Dienkautschuk wird für gewöhnlich in einer Menge von 20 bis 50 GT (Gewichtsteilen) je 100 GT des Gesamtanteils an Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk eingesetzt.

10 Alkoxsilanverbindung

Die erfindungsgemäße Alkoxsilanverbindung wird durch die allgemeine Formel (I) oder (II) wiedergegeben und spielt als Verstärkungsadditiv eine wichtige Rolle:



worin bedeuten R eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Alkoxygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen, R<sup>1</sup> eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Phenylgruppe, n 0, 1 oder 2, R<sup>2</sup> 25 einen zweiwertigen geraden oder verzweigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, R<sup>3</sup> eine Arylengruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen, m und p 0 oder 1 mit der Maßgabe, daß p und m nicht gleichzeitig 0 bedeuten, q 1 oder 2, B – SCN oder – SH, wenn q = 1, und – S<sub>x</sub> – (wobei x eine ganze Zahl zwischen 2 und 8 ist), wenn q = 2.



worin R, R<sup>1</sup> und n die für die obenstehende allgemeine Formel definierte Bedeutung haben und R<sup>4</sup> einen 40 einwertigen geraden oder verzweigten, ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 2 bis 20 Kohlenstoffatomen bedeutet.

Von den durch die obenstehende allgemeine Formel (I) beschriebenen Alkoxsilanverbindungen werden Trialkoxsilanverbindungen bevorzugt, in denen B in der allgemeinen Formel (I) – S<sub>4</sub> – bedeutet.

45

- (1) Bis(3-trimethoxysilylpropyl)tetrasulfan (H<sub>3</sub>CO)<sub>3</sub>Si – (CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub> – S<sub>4</sub> – (CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub> – Si – (OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>
- (2) Bis(3-triethoxysilylpropyl)tetrasulfan (H<sub>5</sub>C<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>Si – (CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub> – S<sub>4</sub> – (CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub> – Si – (OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>
- (3) Bis(3-tripropoxysilylpropyl)tetrasulfan (H<sub>7</sub>C<sub>3</sub>O)<sub>3</sub>Si – (CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub> – S<sub>4</sub> – (CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub> – Si – (OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>3</sub>

Von den obengenannten Verbindungen wird vor allem das obengenannte Bis(3-trimethoxysilylpropyl)tetrasulfan (2) bevorzugt.

50 Von den durch die obenstehende allgemeine Formel (II) beschriebenen Alkoxsilanverbindungen wird vorzugsweise die nachstehend aufgeführte Alkoxsilanverbindung verwendet.

(4) (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O)<sub>3</sub>Si – CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>C = CH<sub>2</sub> 3-Buten-triethoxysilan

55 Unter Verwendung einer durch eine der obenstehenden allgemeinen Formeln (I) und (II) beschriebenen Alkoxsilanverbindung können Vulkanisate mit ausgezeichneten dynamischen Eigenschaften hergestellt werden.

In dieser Erfindung wird die Alkoxsilanverbindung in einer Menge eingesetzt, die gewährleistet, daß 60 0,1 · 10<sup>-6</sup> mol bis 13,5 · 10<sup>-6</sup> mol, vorzugsweise 0,3 · 10<sup>-6</sup> bis 10,5 · 10<sup>-6</sup> mol, Alkoxsilylgruppen je Quadratmeter spezifischer Oberfläche der amorphen Kieselsäure vorhanden sind. Ist die Menge der Alkoxsilylgruppen niedriger als 0,1 · 10<sup>-6</sup> mol je Quadratmeter Oberfläche, wird die Kieselsäureoberfläche nicht in ausreichendem Maß modifiziert, was zu einer geringeren Anzahl Füllstoff-Kautschuk-Bindungen führt und zu unzureichenden Auswirkungen auf die dynamischen Eigenschaften. Ist die Menge der Alkoxsilylgruppen größer als 13,5 · 10<sup>-6</sup> 65 mol je Quadratmeter spezifischer Oberfläche, so ist ein Silanüberschuß im Verhältnis zur reaktiven Kieselsäureoberfläche vorhanden, und dieser hat nur einen geringen Einfluß auf weitere Verbesserungen der dynamischen Mischungseigenschaften.

Durch Verwendung der Alkoxsilanverbindung in den oben aufgeführten Mengenverhältnissen können Kautschukmischungen mit ausgezeichneter Hitze- und Ermüdungsbeständigkeit und ausgezeichneten dynamischen

Eigenschaften erhalten werden.

#### Amorphe Kieselsäure

Die amorphe Kieselsäure gemäß dieser Erfindung ist eine Kieselsäure oder ein Silikat mit einer spezifischen Oberfläche zwischen 5 und 100 m<sup>2</sup>/g (BET-Adsorption: ISO 5794/1, Annex D), vorzugsweise zwischen 20 und 90 m<sup>2</sup>/g. In dieser Erfindung kann die Kieselsäure bzw. das Silikat entweder allein oder eine Kombination der beiden eingesetzt werden. In dieser Erfindung wird die Kieselsäure oder das Silikat für gewöhnlich in einer Gesamtmenge von 5 bis 90 GT, vorzugsweise von 20 bis 80 GT, bezogen auf 100 GT des Kautschukanteils, eingesetzt.

Werden die erfindungsgemäßen Kautschukmischungen für Schwingungsdämpfer verwendet, so müssen sie bestimmte dynamische Eigenschaften besitzen, die je nach Einsatz des schwingungsdämpfenden Gummiartikels den Dämpfungseffekt bestimmen. Die Anteile der obengenannten Alkoxysilanverbindung und der amorphen Kieselsäure in der Mischung werden daher entsprechend der Anwendung jeweils aufeinander abgestimmt.

#### Andere Mischungsbestandteile

Entsprechend dieser Erfindung können Zusatzstoffe wie z. B. andere anorganische Füllstoffe als die obengenannten Kieselsäure und Silikate in die Kautschukmischung eingearbeitet werden, solange die eingesetzten Mengen den Zweck dieser Erfindung nicht beeinträchtigen.

Andere anorganische Füllstoffe als die obengenannte amorphe Kieselsäure sind z. B. Ruße wie SRF, GPF, FEF, HAF, ISAF, SAF, FT und MT, natürlich vorkommende Kieselsäuren, Kalziumkarbonate, Talkum und Kaoline.

In den erfindungsgemäßen Kautschukmischungen beträgt die Gesamtmenge der anorganischen Füllstoffkomponenten für gewöhnlich 10 bis 120 GT bezogen auf 100 GT des Kautschukanteils. Bei einem zu hohen Gesamtanteil der anorganischen Füllstoffkomponenten werden jedoch ausgezeichnete dynamische Eigenschaften und Ermüdungsbeständigkeit der Kautschukmischungen und Vulkanisate nicht erzielt.

#### Herstellung der Vulkanisate

Die Fertigung von Vulkanisaten aus den erfindungsgemäßen Kautschukmischungen erfordert lediglich die Herstellung von Rohkautschukmischungen nach der unten beschriebenen Methode, anschließendes Formen der Rohmischungen je nach den Erfordernissen und darauffolgende Vulkanisation in der gleichen Weise wie bei herkömmlichen Kautschukmischungen.

Für die Herstellung von Vulkanisaten gemäß dieser Erfindung werden zusätzlich zu der obengenannten Kautschukkomponente, der Alkoxysilanverbindung und der amorphen Kieselsäure und entsprechend der beabsichtigten Anwendung der Vulkanisate und der an sie gestellten Anforderungen — die Art und Menge der Weichmacher, die Art und Menge der Verbindungen, die ein Vulkanisationssystem darstellen, wie z. B. Vulkanisationsmittel, Vulkanisationsbeschleuniger und sonstige Vulkanisationshilfsmittel, sowie die Verfahren zur Herstellung der Vulkanisate sorgfältig ausgewählt. Als die obenerwähnten Weichmacher können üblicherweise in Kautschuk verwendete Weichmacher eingesetzt werden. Typischerweise werden verwendet: Weichmacher auf Erdölbasis wie z. B. Prozeßöle Schmieröle, Paraffine, flüssiges Paraffin, Erdölasphalt und Vaseline; Weichmacher auf Steinkohlenteerbasis wie z. B. Steinkohlenteer und Steinkohlenteerpech; Weichmacher auf Fettölbasis wie z. B. Rizinusöl, Leinsamenöl, Rapsöl, Kokosnussöl und Tallöl oder deren Verschnitte in einer Menge zwischen 0 und 60 GT, vorzugsweise zwischen 2 und 40 GT, bezogen auf 100 GT Kautschuk sowie

Wachse wie z. B. Bienenwachs, Karnaubawachs und Lanolin; Fettsäuren und deren Salze wie z. B. Ricinolsäure, Palmitinsäure, Bariumstearat, Kalziumstearat und Zinklaurat, und synthetische Hochpolymere wie z. B. Petroleumharz, ataktisches Polypropylen und Kumaronharz. Von diesen werden vorzugsweise Weichmacher auf Erdölbasis eingesetzt, insbesondere Prozeßöle.

Als Vulkanisationsmittel zur Herstellung der Vulkanisate gemäß dieser Erfindung werden Schwefelverbindungen verwendet wie nachstehend aufgeführt. Zu diesen Schwefelverbindungen zählen z. B. Schwefel, Schwefelchlorid, Schwefeldichlorid, Morpholindisulfid, Alkylphenoldisulfid, Tetramethylthiuramdisulfid und Selendimethyldithiocarbamat. Von diesen wird vorzugsweise Schwefel eingesetzt. Die obengenannten Schwefelverbindungen werden in Mengen zwischen 0,1 und 4 GT verwendet, vorzugsweise zwischen 0,5 und 3 GT, bezogen auf 100 GT des nichtkonjugierten Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuks. Wird bei der Herstellung von Vulkanisaten gemäß dieser Erfindung als Vulkanisationsmittel eine Schwefelverbindung eingesetzt, so ist vorzugsweise zusätzlich ein Vulkanisationsbeschleuniger zu verwenden. Zu den verwendeten Vulkanisationsbeschleunigern gehören z. B. Thiazolverbindungen wie z. B. N-Cyclohexyl-2-Benzthiazolsulfenamid, N-Oxydiethylen-2-Benzthiazolsulfenamid, N,N-Diisopropyl-2-Benzthiazolsulfenamid, 2-Mercaptobenzthiazol, 2-(2,4-Dinitrophenyl)mercaptopbenzthiazol, 2-(2,6-Diethyl-4-Morpholinthio)benzthiazol und Dibenzthiazyldisulfid; Guanidinverbindungen wie z. B. Diphenylguanidin, Triphenylguanidin, Diorthotolylguanidin, Orthotolylbiguanidin und Diphenylguanidinphthalat; Aminaldehyd- oder Ammoniumaldehydverbindungen wie z. B. Anilin-Acetaldehyd-Reaktionsprodukte, Anilin-Butyladehydkondensate, Hexamethylentetramin und Ammonium-Acetaldehyd-Reaktionsprodukte; Imidazolinverbindungen wie z. B. 2-Mercapto-Imidazolin; Thioharnstoffverbindungen wie z. B. Thiocarbanilide, Diethylthiobarnstoff, Dibutylthiobarnstoff, Trimethylthiobarnstoff und Diorthotolylthiobarnstoff;

Thiuramverbindungen wie z. B. Tetramethylthiuram-Monosulfid, Tetramethylthiuram-Disulfid, Tetraethylthiuram-Disulfid, Tetrabutylthiuram-Disulfid, Pentamethylen-Thiuram-Tetrasulfid;

Dithioatverbindungen wie z. B. Zink-Dimethyldithiocarbamat, Zink-Diethylidithiocarbamat, Zink-Di-n-Butyldithiocarbamat, Zink-Ethylphenyldithiocarbamat, Zink-Butylphenyl-Dithiocarbamat, Natrium-Dimethyldithiocarbamat, Selen-Dimethyldithiocarbamat und Tellur-Dimethyldithiocarbamat;

Xanthatverbindungen wie z. B. Zink-Dibutylxanthat; und Verbindungen wie z. B. Zinkweiß. Die genannten Vulkanisationsbeschleuniger werden einer Menge zwischen 1 und 20 GT, vorzugsweise zwischen 0,5 und 10 GT, bezogen auf 100 GT des nichtkonjugierten Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuks, eingesetzt.

Alkoxy silane und Kieselsäure oder Silikate werden vorzugsweise vor dem Einmischen in die beanspruchten Kautschukmischungen miteinander gemischt oder zur Reaktion gebracht, wie in dem U.S.-Patent US-PS 40 76 550 und dem deutschen Patent P 40 04 781 beschrieben.

Es ist nicht unbedingt erforderlich, die gesamte verwendete Kieselsäure- oder Silikatmenge vorab mit Alkoxy silanen zu modifizieren. Es ist auch möglich, nur einen Teil vorab zu modifizieren und den Rest ohne vorherige Modifizierung einzusetzen.

Die eingesetzten Ruße können vorab gemischt oder chemisch mit Organosilanverbindungen modifiziert werden; ihre Herstellung ist in der deutschen Patentanmeldung 40 23 537 beschrieben. Die Rohkautschukmischung wird gemäß nachstehend beschriebener Methode hergestellt. Die obengenannten Kautschukkomponenten, die Alkoxy silanverbindung und die amorphe Kieselsäure sowie ein Weichmacher werden einem Knetgerät, z. B. einem Banbury-Innenmischer, bei einer Temperatur von 150°C 3 bis 10 Minuten lang geknetet, dann ein Vulkanisationsmittel und, falls erforderlich, ein Vulkanisationsbeschleuniger oder ein sonstiges Vulkanisationsmittel hinzugefügt und entweder im Banbury-Innenmischer oder auf einer Mischwalze bei einer Walzentemperatur von 40 bis 60°C weitere 5 bis 30 Minuten gemischt und die fertige Kautschukmischung anschließend als Kautschukfell oder in Form von Streifen ausgezogen.

Die so hergestellten Kautschukmischungen werden mit Hilfe von Extrudern, Kalandern oder Pressen in die gewünschte Form gebracht und 1 bis 150 Minuten bei einer Temperatur von 100 bis 270°C unter gleichzeitiger Formgebung vulkanisiert oder nach der Formgebung zur Vulkanisation in ein Vulkanisationsgerät überführt. Für die Vulkanisation kann eine Vulkanisationsform verwendet werden oder auch nicht. Wird keine Vulkanisationsform verwendet, erfolgen Formgebung und Vulkanisation für gewöhnlich als kontinuierliche Prozesse.

### 30 Auswirkung der Erfindung

Die Kautschukmischungen gemäß dieser Erfindung bestehen u. a. aus einem nichtkonjugierten Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk, einer Alkoxy silanverbindung sowie einer amorphen Kieselsäure und besitzen nicht nur ausgezeichnete dynamische Eigenschaften, sondern auch ausgezeichnete mechanische Eigenschaften sowie dynamische Ermüdungs- und Hitzealterungsbeständigkeit und erlauben überdies die Herstellung von Vulkanisaten mit ebensolchen Eigenschaften. Da die aus den erfundungsgemäßen Kautschukmischungen hergestellten Vulkanisate ausgezeichnete Eigenschaften besitzen, lassen sie sich vielfältig einsetzen in Anwendungsgebieten wie Reifen, Autoteilen, allgemeinen Industrie bauteilen, Materialien für den Bau- und Ingenieursektor, u.ä. Insbesondere eignen sie sich für die Verwendung in Artikeln, die über dynamische Ermüdungsbeständigkeit verfügen müssen, z. B. Reifenlaufflächen, Reifenseitenwänden, Scheibenwischblättern, Motorlagern, etc. Im folgenden wird diese Erfindung anhand von praktischen Beispielen erläutert, wobei zu beachten ist, daß sich diese Erfindung keineswegs auf diese Beispiele beschränkt.

Folgende Prüfmethoden wurden zur Auswertung der vulkanisierten Kautschukplatten in den Beispielen und Vergleichsbeispielen herangezogen:

#### 45 1) Zugfestigkeitsprüfung

Aus einer vulkanisierten Kautschukplatte wurden hantelförmige Prüfkörper vom Typ Nr. 3 ausgestanzt wie in JIS K 6301 (1989) beschrieben und an den so erhaltenen Prüfkörpern entsprechend der in obigem JIS K 6301, 50 Punkt 3, beschriebenen Methode bei einer Temperatur von 25°C und einer Zuggeschwindigkeit von 500 mm/min eine Zugfestigkeitsprüfung durchgeführt und der Spannungswert 25% (M<sub>25</sub>), Spannungswert 50% (M<sub>50</sub>), Spannungswert 100% (M<sub>100</sub>), Spannungswert 200% (M<sub>200</sub>) Spannungswert 300% (M<sub>300</sub>), die Zugfestigkeit T<sub>B</sub> (kgf/sm<sup>2</sup>) und die Bruchdehnung E<sub>B</sub> (%) ermittelt wurden.

#### 55 2) Härte-Prüfung

Bei der Härte-Prüfung wurde die Federhärte H<sub>S</sub> (JIS A-Härte) gemäß JIS K 6301 (1989) ermittelt.

#### 60 3) Zugermüdungsprüfung (Monsanto-Ermüdungsprüfung)

Aus einer vulkanisierten Kautschukplatte wurden hantelförmige Prüfkörper vom Typ Nr. 3 ausgestanzt wie in JIS K 6301 (1989) beschrieben, 20 der so erhaltenen Prüfkörper einer Zugermüdungsprüfung unterworfen bei einem Dehnungsverhältnis von 200%, einer Prüftemperatur von 25°C und einer Dehnungsfrequenz von 300 Dehnungen pro Minute und die mittlere Anzahl der Versuchsdurchführungen bis zum Bruch des Prüfkörpers als Index für die dynamischen Ermüdungsbeständigkeit (Haltbarkeit) herangezogen.

## 4) Hitzealterungsprüfung

Für die Hitzealterungsprüfung wurde eine vulkanisierte Kautschukplatte einer Hitzealterung gemäß JIS K 6301 (1989) unterworfen und die Zugfestigkeit, Dehnung und Zugspannung der Platte nach Alterung gemessen, wobei die Hitzealterungsbeständigkeit der Platte als Retention (%) der Eigenschaften, bezogen auf die 5 ursprünglichen Eigenschaften der ungealterten Platte, angegeben wurden.

## 5) Bestimmung der bleibenden Dehnungsverformung (PSM)

Die bleibende Dehnungsverformung wurde an einem gemäß JIS K 6301 hergestellten hantelförmigen Prüfkörper von Typ Nr. 1 ermittelt, indem der erhaltene Prüfkörper zunächst bis zu einem Verhältnis von 200% 10 gedeht wurde, diese Dehnung 10 Minuten lang gehalten und dann nachgelassen wurde und nach weiteren 10 Minuten die bleibende Dehnungsverformung des Prüfkörpers gemessen wurde.

6) Bestimmung der dynamischen Eigenschaften ( $\tan \delta$ )

15

Die dynamischen Eigenschaften wurden gemäß JIS K 6394 unter Verwendung eines Viskoelastizitäts-Prüfgerätes der Firma Rheometrics Go. Ltd. (Typ: RDS-2) bei einer Prüftemperatur von 25°C und 80°C, einer Frequenz von 10 Hz und einem Verformungsfaktor von 1% ermittelt und als Maß  $\tan \delta$  erhalten.

20

## 7) Bestimmung der bleibenden Druckverformung

Die bleibende Druckverformung der vulkanisierten Platte wurde nach JIS K 6301 (1989) ermittelt und als deren Maß ein Verformungsfaktor (%) erhalten.

Die folgenden Ethylen-Propylen-5-Ethyliden-2-Norbornen-Copolymere, folgende Alkoxydianverbindung 25 und folgende amorphe Kieselsäuren wurden in den Beispielen und Vergleichsbeispielen verwendet.

25

## (1) Ethylen-Propylen-5-Ethyliden-2-Norbornen-Copolymere (Tabelle 1)

30

	EPT-1	EPT-2	EPT-3
Ethylengehalt (Mol-%)	70	71	70
Jodzahl (ENB)	18	20	19
MS <sub>1+4</sub> (160°C)	70	20	45

35

(2) Alkoxydianverbindung (Verstärkungsadditiv)  
(H<sub>5</sub>C<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>Si-(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-S<sub>4</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-Si-(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>Si 69, hergestellt von Degussa AG

40

## (3) Amorphe Kieselsäuren (Tabelle 2)

40

	Kieselsäure-1	Kieselsäure-2
Produktnamen	DUROSIL(*1)	VN 3(*2)
Spezifische Oberfläche (m <sup>2</sup> /g)	50	170
pH-Wert	9	6,3
DBP-Ölabsorption (g/100 g)	220	270
Mittlere Aggregatgröße (μm)	4,5	15

45

(\*1) hergestellt von Degussa AG  
(\*2) hergestellt von Degussa AG

50

## (Vergleichsbeispiel 1)

55

100 GT EPT-1 wie in Tabelle 1 gezeigt, 60 GT Paraffinöl ("Sansen 4240" hergestellt von Sanshin Kagaku K.K.), 5 GT Zinkweiß Nr. 1,1 GT Stearinäure und 60 GT FEF-Ruß ("Asahi 60 HG" hergestellt von Asahi Carbon K.K.) wurden in einem 4,3 l Banbury-Innenmischer (hergestellt von Kobe Selkoshio K.K.) geknetet.

Nach Abkühlung dieser Grundmischung auf eine Temperatur von ca. 50°C wurden ihr 1,5 GT Schwefel, 1,0 GT "Nocceler M" (MBT hergestellt von Ouchi Shinko Kagaku Kogyo K.K., Vulkanisationsbeschleuniger), 0,8 GT "Nocceler TRA" (DPTT hergestellt von Ouchi Shinko Kagaku Kogyo K.K., Vulkanisationsbeschleuniger), 1,5 GT "Nocceler BZ" (ZDBC hergestellt von Ouchi Shinko Kagaku Kogyo K.K., Vulkanisationsbeschleuniger) und 0,8 GT "Nocceler TT" (TMTD hergestellt von Ouchi Shinko Kagaku Kogyo K.K., Vulkanisationsbeschleuniger) hinzugefügt und erneut auf einer 8 Inch-Walze (Temperatur der vorderen und hinteren Walze: 55°C) gemischt, dann ein Fell von der nötigen Dicke ausgezogen, welches 20 Minuten lang bei einer Temperatur von 150°C gepreßt wurde, um so eine 2 mm dicke vulkanisierte Platte zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften der so erhaltenen vulkanisierten Platte wurden entsprechend den oben aufgeführten Methoden bestimmt. Darüberhinaus wurde eine weitere Platte wie oben beschrieben bei einer Temperatur von 150°C 22 Minuten lang gepreßt

60

65

und so ein dicker vulkanisierter Kautschukformkörper erhalten, an dem die bleibende Druckverformung ermittelt wurde.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt:

5 (Beispiel 1)

Es wurden die Vorgehensweisen für das Vergleichsbeispiel 1 befolgt mit der Ausnahme, daß die Menge des verschnittenen FEF-Rußes aus dem Vergleichsbeispiel 1 auf 40 GT reduziert wurde und daß die in Tabelle 2 aufgeführte Kieselsäure-1 und die obenaufgeführte Alkoxysilanverbindung jeweils in einer Menge von 20 GT bzw. 1 Gewichtsteil eingesetzt wurden, um eine vulkanisierte Platte zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften der so erhaltenen vulkanisierten Platte wurden bestimmt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

15 (Beispiel 2)

Es wurden die Vorgehensweisen für das Vergleichsbeispiel 1 befolgt mit der Ausnahme, daß die Menge des verschnittenen FEF-Rußes aus dem Vergleichsbeispiel 1 auf 20 GT reduziert wurde und daß die in Tabelle 2 aufgeführte Kieselsäure-1 und die obenaufgeführte Alkoxysilanverbindung jeweils in einer Menge von 40 bzw. 2 GT eingesetzt wurden, um eine vulkanisierte Platte zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften der so erhaltenen vulkanisierten Platte wurden bestimmt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

20 (Beispiel 3)

Es wurden die Vorgehensweisen für das Vergleichsbeispiel 1 befolgt mit der Ausnahme, daß die Menge des verschnittenen FEF-Rußes aus dem Vergleichsbeispiel 1 auf 0 GT reduziert wurde und daß die in Tabelle 2 aufgeführte Kieselsäure-1 und die obenaufgeführte Alkoxysilanverbindung jeweils in einer Menge von 60 bzw. 3 GT eingesetzt wurden, um eine vulkanisierte Platte zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften der so erhaltenen vulkanisierten Platte wurden bestimmt.

30 Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

25 (Beispiel 4)

Es wurden die Vorgehensweisen für das Beispiel 3 befolgt mit der Ausnahme, daß der in Tabelle 1 aufgeführte Kautschuk EPT-3 anstelle von EPT-1 verwendet wurde, um eine vulkanisierte Platte zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften der so erhaltenen vulkanisierten Platte wurden bestimmt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

35 (Vergleichsbeispiel 2)

40 Es wurden die Vorgehensweisen für das Vergleichsbeispiel 1 befolgt mit der Ausnahme, daß die Menge des verschnittenen FEF-Rußes aus dem Vergleichsbeispiel 1 auf 40 GT reduziert wurde und daß die in Tabelle 2 aufgeführte Kieselsäure-2 und die obenaufgeführte Alkoxysilanverbindung jeweils in einer Menge von 20 bzw. 3 GT eingesetzt wurden, um eine vulkanisierte Platte zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften der so erhaltenen vulkanisierten Platte wurden bestimmt.

45 Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

40 (Vergleichsbeispiel 3)

50 Es wurden die Vorgehensweisen für das Vergleichsbeispiel 1 befolgt mit der Ausnahme, daß die Menge des verschnittenen FEF-Rußes aus dem Vergleichsbeispiel 1 auf 20 GT reduziert wurde und daß die in Tabelle 2 aufgeführte Kieselsäure-2 und die obenaufgeführte Alkoxysilanverbindung jeweils in einer Menge von 40 bzw. 6 GT eingesetzt wurden, um eine vulkanisierte Platte zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften der so erhaltenen vulkanisierten Platte wurden bestimmt.

55 Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

50 (Vergleichsbeispiel 4)

60 Es wurden die Vorgehensweisen für das Vergleichsbeispiel 1 befolgt mit der Ausnahme, daß die Menge des verschnittenen FEF-Rußes aus dem Vergleichsbeispiel 1 auf 0 GT reduziert wurde und daß die in Tabelle 2 aufgeführte Kieselsäure-2 und die obenaufgeführte Alkoxysilanverbindung jeweils in einer Menge von 60 bzw. 9 GT eingesetzt wurden, um eine vulkanisierte Platte zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften der so erhaltenen vulkanisierten Platte wurden bestimmt.

65 Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

60 (Vergleichsbeispiel 5)

Es wurden die Vorgehensweisen für das Vergleichsbeispiel 1 befolgt mit der Ausnahme, daß der in Tabelle 1

aufgeführte Kautschuk EPT-2 anstelle von EPT-1 verwendet und die Menge des verschnittenen FEF-Rußes aus dem Vergleichsbeispiel 1 auf 0 GT reduziert wurde sowie die in Tabelle 2 aufgeführte Kieselsäure-1 und die obenaufgeführte Alkoxy silanverbindung jeweils in einer Menge von 60 bzw. 3 GT eingesetzt wurden, um eine vulkanisierte Platte zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften der so erhaltenen vulkanisierten Platte wurden bestimmt.

5

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

(Vergleichsbeispiel 6)

100 GT Naturkautschuk (RSS Nr. 1), 20 GT Paraffinöl ("Sansen 4240" hergestellt von Sanshin Kagaku K.K.), 5 GT Zinkweiß Nr. 1, 1 GT Stearinsäure und 40 GT HAF-Ruß ("Asahi Nr. 70" hergestellt von Asahi Darbon K.K.) wurden in einem 4,3 l Banbury-Innenmischer (hergestellt von Kobe Selkoshō K.K.) geknetet.

10

Nach Abkühlung dieser Grundmischung auf eine Temperatur von ca. 50°C wurden ihr 1,5 GT Schwefel und 1,0 GT "Nocceler CZ" (CBS hergestellt von Ouchi Shinko Kagaku Kogyo K.K., Vulkanisationsbeschleuniger) hinzugefügt und die so erhaltene Mischung auf einer 8 Inch-Walze (Temperatur der vorderen und hinteren Walze: 55°C) gemischt, diese Mischung als Fell von der erforderlichen Dicke ausgezogen, welches 13 Minuten lang bei einer Temperatur von 150°C gepreßt wurde, um so eine vulkanisierte Platte mit einer Dicke von 2 mm zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften der so erhaltenen vulkanisierten Platte wurden nach den oben aufgeführten Methoden bestimmt.

15

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

20

	Vergleichs- beispiel		Beispiel			25
	1	1	2	3	4	
EPT-1	100	100	100	100	—	
EPT-3	—	—	—	—	100	
Paraffinöl	60	60	60	60	60	
Zinkweiß Nr. 1	5	5	5	5	5	30
Stearinsäure	1	1	1	1	1	
FEF-Ruß	60	40	20	0	0	
Kieselsäure-1	0	20	40	60	60	
Si 69	0	1	2	3	3	
Vulkanisationsbeschleuniger						35
Nocceler-M	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nocceler-TRA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Nocceler-BZ	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
Nocceler-TT	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Schwefel	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	40
Physikalische Eigenschaften der Vulkanisate						
M <sub>25</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	6	6	6	5	5	
M <sub>50</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	8	9	8	8	8	
M <sub>100</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	14	14	14	13	13	45
M <sub>200</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	33	36	33	33	34	
M <sub>300</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	57	62	60	64	65	
T <sub>B</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	200	195	198	190	184	
E <sub>B</sub> (%)	650	600	430	600	590	
H <sub>s</sub> (JIS A)	51	50	49	48	48	50
Bleibende Dehnungsverformung (200%)	4	3	3	2	3	
Bleibende Zugverformung (%)	38	37	36	35	38	
Hitzealterungsbeständigkeit						
A <sub>R</sub> (T <sub>B</sub> ) (%)	93	94	95	96	95	55
A <sub>R</sub> (E <sub>B</sub> ) (%)	52	58	65	70	68	
A <sub>H</sub> (JIS A)	+5	+4	+4	+4	+4	
tan δ [ × 10 <sup>-2</sup> ]						
bei 25°C	9,22	7,93	6,54	5,85	6,02	
bei 80°C	6,99	5,02	3,99	3,14	3,24	60
Dehnungsermüdungsprüfung (durchschnittliche Zahl der Dehnungen bis zum Bruch)	7500	10 400	12 200	14 500	8900	

65

		Vergleichsbeispiel				
		2	3	4	5	6
5	EPT-1	100	100	100	—	(*1)
	EPT-2	—	—	—	100	
	Paraffinöl	60	60	60	60	
	Zinkweiß Nr. 1	5	5	5	5	
	Stearinsäure	1	1	1	1	
10	FEF-Ruß	40	20	0	0	
	Kieselsäure-2	20	40	60	0	
	Kieselsäure-1	0	0	0	60	
	Si 69	3	6	9	3	
15	Physikalische Eigenschaften der Vulkanisate					
	$M_{25}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	6	6	6	6	4
	$M_{50}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	8	8	8	8	6
	$M_{100}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	14	15	15	14	10
	$M_{200}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	34	33	32	30	27
20	$M_{300}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	58	56	56	50	57
	$T_B$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	205	195	185	195	227
	$E_B$ (%)	640	630	620	600	640
	$H_s$ (JIS A)	50	50	50	50	40
25	Hitzealterungsbeständigkeit					
	$A_R(T_B)$ (%)	90	91	94	92	12
	$A_R(E_B)$ (%)	50	53	51	56	(*2)
	$A_H$ (JIS A)	+4	+3	+3	+3	+21
30	$\tan \delta [ \times 10^{-2} ]$					
	bei 25°C	9,12	9,11	9,02	6,23	5,91
	bei 80°C	6,84	6,85	7,02	4,42	3,21
35	Dehnungsermüdungsprüfung (durchschnittliche Zahl der Dehnungen bis zum Bruch)	7100	6500	6800	5500	12 000

(\*1) Anstelle von EPT wurde Naturkautschuk verwendet.

(\*2) Der Wert war zu niedrig für eine Bestimmung.

(\*3) Vulkanisationsbeschleuniger und Schwefel in den Vergleichsbeispielen 2 bis 5 wie in Vergleichsbeispiel 1.

Tabelle 3

Wie aus dem Vergleich der Beispiele 1 bis 3 mit dem Vergleichsbeispiel 1 in der obenstehenden Tabelle 3 hervorgeht, kann durch Kombination der amorphen Kieselsäure mit der Alkoxysilanverbindung (Verstärkungsadditiv) gemäß dieser Erfindung der  $\tan \delta$ -Wert reduziert werden, d. h., die dynamischen Eigenschaften können verbessert werden. Obwohl die Verbesserung der dynamischen Eigenschaften (Reduzierung von  $\tan \delta$ ) und die der Ermüdungsbeständigkeit für gewöhnlich in einander entgegengesetztem Verhältnis stehen, werden durch Erhöhung der Menge der mit einem Organosilan als Verstärkungsadditiv behandelten amorphen Kieselsäure sowohl die Ermüdungsbeständigkeit, als auch die dynamischen Eigenschaften verbessert.

Allerdings, wie aus dem Vergleich der Beispiele 1 bis 3 mit den Vergleichsbeispielen 2 bis 4 in Tabelle 3 hervorgeht, können selbst bei Einsatz von EPT-1 und Si 69 (Organosilan als Verstärkungsadditiv) wie in Beispiel 1 bis 3 die dynamischen Eigenschaften nicht verbessert werden, wenn die spezifische Oberfläche der amorphen Kieselsäure 100 m<sup>2</sup>/g überschreitet.

Überdies, wie aus dem Vergleich der Beispiele 1 bis 3 mit den Vergleichsbeispielen 5 und 6 in obenstehender Tabelle 3 hervorgeht, sollte die Mooney-Viskosität  $MS_{1+4}$  (160°C) von EPT 40 oder mehr betragen, um eine Ermüdungsbeständigkeit zu erhalten, die der von Naturkautschuk, einem Dienkautschuk in Vergleichsbeispiel 6, entspricht.

Überdies, wie aus dem Vergleich von Beispiel 3 mit dem Vergleichsbeispiel 6 in obenstehender Tabelle 3 hervorgeht, weisen die Vulkanisate in Beispiel 3 eine bessere Hitzebeständigkeit auf als die Vulkanisate auf Naturkautschukbasis, dem Dienkautschuk in Vergleichsbeispiel 6, und besitzen ferner eine Ermüdungsbeständigkeit und dynamische Eigenschaften, die denen der Vulkanisate auf Naturkautschukbasis gleichwertig sind.

Weitere Beispiele belegen die durch Reduzierung des Füllstoff- und Weichmachergehaltes erhaltenen Verbesserungen der dynamischen Eigenschaften.

Es wurden folgende Standardprüfmethoden verwendet:

(1) Spannungswert 100% gemäß DIN 53 504

(2) Elastizität gemäß DIN 53 512

65 (3) Shore-A-Härte gemäß DIN 53 505

(4) Verlustfaktor  $\tan \delta$  gemäß DIN 53 513

(5) Komplexer dynamischer Modul gemäß DIN 53 513.

Die Mischungsbestandteile sind die folgenden:

## Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (Buna).

	AP 341	AP 451
Ethylengehalt (%)	50	50
Diengehalt (%)	4	8
Jodzahl	8	14
Mooney-Viskosität (100°C) (gemäß DIN 53 523/53 524)	70	90

5

10

## Weitere Mischungsbestandteile:

Ingraplast® NS naphthenischer Weichmacher  
 Vulkacit® Merkapto 2-Merkapto-Benzthiazol  
 Vulkacit® Thiuram Tetramethylthiuramdisulfid  
 Si 69 Bis(3-triethoxysilylpropyl)tetrasulfan  
 CORAX® N 550 Furnaceruß, hergestellt von Degussa AG  
 DUROSIL® gefällte Kieselsäure, hergestellt von Degussa AG (BET-Oberfläche 50 m<sup>2</sup>/g)

15

20

Die Rezepturen und Ergebnisse sind in den Tabellen zusammengefaßt:

Rezeptur	Vergleichsbeispiele A	B	C	D	25
Buna AP 341	100	—	100	—	
Buna AP 451	—	100	—	100	
Stearinsäure	1	1	1	1	
Zinkoxyd RS	5	5	5	5	30
Ingraplast NS	60	60	33	33	
CORAX N 550	60	60	5	5	
DUROSIL	—	—	40	40	
Si 69	—	—	2	2	35
Vulkacit Merkapto	0,5	0,5	0,5	0,5	
Vulkacit Thiuram	3	3	3	3	
Schwefel	1,5	1,5	1,5	2	

40

## Physikalische Eigenschaften der Vulkanisate

Vulkanisationstemperatur: 150°C	Vergleichsbeispiele A	B	C	D	45
Spannungswert 100% (MPa)	2,6	2,8	2,9	3,5	
Elastizität (%)	60	61	69	68	
Shore-A-Härte	62	61	62	64	50

## Viskoelastische Eigenschaften

Prüfgerät: MTS 831  
 Prüfkörper: Zylinder 10 × 10 mm, vulkanisiert bei 150°C bis t95%  
 Vorlast: 50 N  
 Kraftamplitude: ± 25 N  
 Laufzeit: 2 min

55

60

65

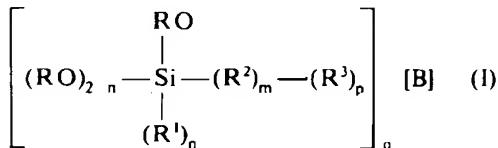
	Nr.	Prüftemperatur 0°C	Prüffrequenz Hz	Komplexer Modul E* MPa	Verlustfaktor $\tan \delta$
5	A	23	1	5,6	0,041
			5	7,0	0,116
			10	7,1	0,119
			20	7,4	0,122
			30	7,4	0,124
			40	7,5	0,122
10	B	23	1	5,8	0,041
			5	7,0	0,100
			10	7,1	0,106
			20	7,4	0,107
			30	7,4	0,110
			40	7,4	0,109
15	C	23	1	6,2	0,019
			5	7,2	0,059
			10	7,3	0,064
			20	7,6	0,067
			30	7,5	0,068
			40	7,6	0,066
20	D	23	1	6,7	0,015
			5	7,6	0,053
			10	7,7	0,058
			20	7,9	0,060
			30	7,9	0,061
			40	8,1	0,062

	Nr.	Prüftemperatur 0°C	Prüffrequenz Hz	Komplexer Modul E* MPa	Verlustfaktor $\tan \delta$
35	A	60	1	5,7	0,035
			5	6,6	0,075
			10	6,8	0,077
			20	6,8	0,081
			30	7,0	0,083
			40	6,9	0,083
40	B	60	1	6,0	0,023
			5	6,9	0,061
			10	7,0	0,062
			20	7,2	0,066
			30	7,2	0,067
			40	7,3	0,068
45	C	60	1	7,0	0,010
			5	7,8	0,033
			10	7,8	0,035
			20	8,0	0,034
			30	8,0	0,037
			40	8,2	0,036
50	D	60	1	7,5	0,013
			5	8,3	0,030
			10	8,4	0,032
			20	8,5	0,032
			30	8,4	0,031
			40	8,6	0,030
55					
60					

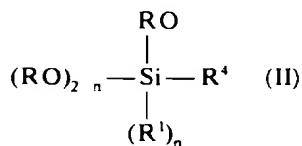
Der Vergleich der Beispiele A, B und C, D zeigt, daß der Austausch des Rußes gegen Durosil in Kombination mit einem Silan zu einer drastischen Reduzierung von  $\tan \delta$  und gleichzeitig zu erhöhter Elastizität führt, während Spannungswert und Shore-Härte konstant bleiben.

## Patentansprüche

1. Vulkanisierbare Kautschukmischungen bestehend aus einem nichtkonjugierten Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM), einem üblichen Vernetzungssystem und wenigstens einer der Alkoxyilanverbindungen entsprechend der folgenden allgemeinen Formeln (I) oder (II) sowie einer Kieselsäure und/oder einem Silikat mit einer spezifischen Oberfläche von 5 bis 100 m<sup>2</sup>/g (BET-Adsorption: ISO 5794/1, Annex D):



worin bedeuten R eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Alkoxygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen, R<sup>1</sup> eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Phenylgruppe, n 0, 1 oder 2, R<sup>2</sup> einen zweiwertigen geraden oder verzweigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, R<sup>3</sup> eine Arylengruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen, m und p 0 oder 1 mit der Maßgabe, daß p und m nicht gleichzeitig 0 bedeuten, q 1 oder 2, B - SCN oder -SH, wenn q = 1, und -S<sub>x</sub> - (wobei x eine ganze Zahl zwischen 2 und 8 ist), wenn q = 2.



worin bedeuten R eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Alkoxygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen, R<sup>1</sup> eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Phenylgruppe, n 0, 1 oder 2 und R<sup>4</sup> einen einwertigen geraden oder verzweigten, ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 2 bis 20 Kohlenstoffatomen.

2. Kautschukmischungen gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie Kieselsäuren und/oder Silikate in einer Menge zwischen 5 und 90 GT bezogen auf 100 GT Kautschuk enthalten, wobei die Alkoxyilane in einer Menge verwendet werden, die gewährleistet, daß 0,1 · 10<sup>-6</sup> bis 13,5 · 10<sup>-6</sup> mol Alkoxyilgruppen je m<sup>2</sup> spezifischer Oberfläche vorhanden sind.

3. Kautschukmischungen gemäß Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kieselsäure und/oder das Silikat vor dem Einmischen in die Kautschukmischung mit dem Alkoxyilan vermischt oder zur Reaktion gebracht werden.

4. Kautschukmischungen gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sie zusätzlich Ruß mit einer spezifischen Oberfläche zwischen 5 und 90 m<sup>2</sup>/g und/oder mineralische Füllstoffe mit einer spezifischen Oberfläche zwischen 1 und 30 m<sup>2</sup>/g in einer Menge zwischen 0,1 bis 60 bzw. 0,1 bis 100 GT enthalten.

5. Kautschukmischungen gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der verwendete EPDM-Kautschuk 50 bis 83 mol% Ethylen enthält.

6. Kautschukmischungen gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der verwendete EPDM-Kautschuk eine Jodzahl von 8 bis 30 besitzt.

7. Kautschukmischungen gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der verwendete EPDM-Kautschuk ein Ethylen-Propylen-5-Ethyliden-2-Norbornen-Copolymer ist mit einer Mooney-Viskosität MS<sub>1+4</sub> (160°C) zwischen 40 und 80.

8. Kautschukmischungen gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Mischungen weitere kompatible Kautschuke oder Kunststoffe enthalten.

9. Verfahren zur Vulkanisation der Kautschukmischungen gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 8, welches das Heizen der Mischungen bei einer Temperatur zwischen 100 und 270°C für die Dauer von 1 bis 150 Minuten je nach Heiztemperatur beinhaltet.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**